



**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# MOBIILIHYDRAULI- VOIMAYKSIKÖN TUOTEKEHITYS

TEKIJÄ

Sami Puustinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Sami Puustinen	
Työn nimi Mobiilihydraulivoimayksikön tuotekehitys	
Päiväys 31.5.2015	Sivumäärä/Liitteet 38/0
Ohjaaja(t) yliopettaja Risto Rönkä, yrityspalvelupäällikkö Pentti Halonen, toimitusjohtaja Pasi Laakkonen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) HL-Hydraulics Oy / Savonia-ammattikorkeakoulu	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli kehittää prototyypin pohjalta mobiilihydraulivoimayksikkö HL-Hydraulics Oy:lle. Tuotekehitystyön tarkoituksena oli saada aikaan kaksi kaupallista mallia, jotka olisivat helppoja valmistaa sarjatuotantona. Molempien mallien lähtökohtana oli laitteen teho, liikuteltavuus, huollon helppous ja varaosien saanti sekä hyvä hinta-laatusuhde.</p> <p>Laitteiden suunnittelun taustalla oli aiemmin rakennettu prototyyppi, jonka avulla testattiin käytännössä moottori-pumppuyhdistelmien toimivuutta ja tehokkuutta. Kummankin laitemallin omatuotantoa olevat osat mallinnettiin 3D Inventor -suunnitteluohjelmaa käyttäen. Mallien pohjalta yritykselle tehtiin työpiirustukset, joita hyödyntäen osat voidaan tilata valmiina alihankintayrityksistä, joilla on näille osille sopiva konekapasiteetti.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena valmistui kaksi erikokoista mallia, jotka ovat molemmat tehokkaampia kuin kilpailijoiden saman hintaluokan mallit. Molempien laitteiden voimanlähteenä on Briggs &amp; Stratton-polttomoottori ja tandemhammaspyöräpumppu paineensäädöllä. Molempien laitteiden paineensäätö on matalapaine ja korkeapaine tyyppinen. Matalapainepumppu jää pois käytöstä automaattisesti kovassa kuormituksessa, silloin kun matalapainepuolen paineensäätimen raja-arvo täyttyy.</p> <p>Opinnäytetyön aikana kehitettyjen mallien tuotekehitys jatkuu tulevaisuudessa. Laitteiden jatkokehitystä on helppo jatkaa 3D- mallien pohjalta ja saatavan käyttökokemuksen. Laitteita on tarkoitus valmistaa 10 kappaleen erissä, koska silloin ei tarvita suuria varastoja ja osien hinnat ovat jo edullisempia kuin yhden kappaleen tilauksissa.</p>	
Avainsanat hydrauliikka, voimayksikkö, tuotekehitys, valmistettavuus, sarjatuotanto	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Sami Puustinen			
Title of Thesis Product Development of Mobile Hydraulic Power Unit			
Date	31.5.2015	Pages/Appendices	38/0
Supervisor(s) Principal Lecturer Risto Rönkä, Company Service Manager Pentti Halonen, Managing director Pasi Laakkonen			
Client Organisation /Partners HL-Hydraulics Oy / Savonia University of Applied Sciences			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to develop a mobile hydraulic power unit for HL-Hydraulics based on an earlier prototype. Product development was intended to provide two commercial models, which would be easy to produce in series. The starting point for both models was the device power, portability, easy maintenance, availability of spare parts as well as good price-quality ratio.</p> <p>In the background of equipment design was a previously the constructed prototype, which was used to test in practice the functionality and efficiency of engine-pump combination. Steel components were modeled using the Inventor 3D -design software. The models were also used making technical drawings. Using those drawings, parts can be ordered from subcontracting companies that have appropriate machine capacity for manufacturing these parts.</p> <p>As an output of this thesis two different-sized models were completed, and both are more effective than the competitors' models in the same price range. Both models are powered by a Briggs &amp; Stratton combustion engine and a tandem gear pump with pressure regulator. Pressure regulator in both models is the type of low and high pressure. The low-pressure pump will be turned off automatically under heavy load when the pressure regulators limit value is met.</p> <p>Product development will continue in the future. Further development of the products is easy to continue on the basis of 3D -models and practical experience, when they provide enough user experience. Equipment will be manufactured in 10 pieces batches, so that there is no need for large stocks of parts and prices are already low compared to single unit orders.</p>			
<p>Keywords hydraulics, power unit, product development, manufacturability, serial production</p>			

## SISÄLTÖ

1	LYHENTEET .....	5
2	PIIROSMERKKIEN SELITYKSET .....	5
3	JOHDANTO .....	6
4	HL-HYDRAULICS OY .....	7
5	LAITTEIDEN KUVAUS.....	8
6	OMAVALMISTEOSIEN VALMISTUSTEKNIIKAT .....	10
6.1	Laserleikkaus.....	11
6.2	Särmäys.....	13
6.3	Pistehitsaus .....	14
6.4	Mag-hitsaus sekä mahdollinen robottihitsaus .....	16
7	MOBIILIHIDRAULIVOIMAYKSIKÖN RAKENNE .....	18
7.1	Tuotekehityksen lähtökohta .....	18
7.2	Rakenteen suunnittelun eteneminen .....	18
7.3	Hitsattavan tuotteen suunnittelussa huomioonotettavia tekijöitä .....	20
7.4	Komponenttien valinta .....	20
7.5	Laitteiden tekniset tiedot .....	22
7.6	Voimayksiköiden öljyntuotto .....	23
7.7	Hydraulikaavio .....	24
7.8	Mobiilihydraulivoimayksikön hydrauliiikan rakenne .....	24
7.9	Mekaaninen rakenne .....	27
7.10	Laitteiden kustannukset.....	30
7.11	Moottorivaihtoehtojen suoritusarvot .....	31
8	LAITEMALLIEN KÄYTTÖTARKOITUS.....	32
9	ASIAKASPALAUTE JA MOBIILIHIDRAULIVOIMAYKSIKÖN TUOTEKEHITYS TULEVAISUUDESSA.....	36
10	POHDINTA.....	37
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT .....	38

## 1 LYHENTEET

RSW = Resistance Spot Welding

MAG = Metal-arc Active Gas

MIG = Metal-arc Inert Gas

GR1 = 1 ryhmä

GR2 = 2 ryhmä

B & S = Briggs & Stratton

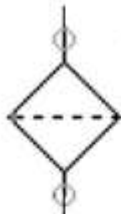
HPU = Hydraulic Power Unit

CNC = computerized numerical control

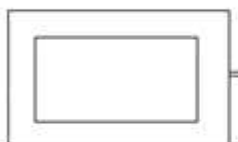
## 2 PIIROSMERKKIEN SELITYKSET



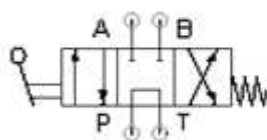
paineraja



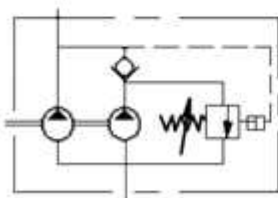
suodin



polttomoottori



suuntaventtiili



tandem hammaspyöräpumppu  
paineen rajoituksella



tankki

### 3 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on kehittää HL-Hydraulics Oy:lle oma tuote alihankintakokoonpanon rinnalle. Tuotekehitystehtävänä on mobiilihydraulivoimayksikkö, joka on tarkoitus kehittää kaupalliseksi tuotteeksi prototyypin pohjalta. Laitteen prototyyppi on suunniteltu ja valmistettu kehitysprojehti neljän aikana. Tuotteen toimivuutta on testattu prototyypin avulla hyvin tuloksin ja sen pohjalta on tarkoitus kehittää kaupallinen tuote, jonka valmistettavuus on edullista ja sarjojen kokoja olisi helppo hallita tilauskannan mukaan.

Laitteesta on kaksi erikokoista versiota, jotka molemmat on kehitetty ensimmäisestä prototyypistä. Mallit eroavat toisistaan ulkoisen koon, moottorin tehon ja hydraulituoton perusteella. Opinnäytetyössä yritykselle tehdään laitteesta 3D -mallit ja valmistuspiirustukset, jolloin ns. omavalmisteosat voidaan teetättää lähes missä tahansa laatuvaatimukset täyttävässä yrityksessä. Laitteiden kokoonpano on kuitenkin tarkoitus suorittaa HL-Hydraulicsilla.

#### 4 HL-HYDRAULICS OY

HL-Hydraulics Oy:n pääasiallinen toimiala on hydraulikomponenttien alihankintakokoonpano. Asiakkaat ovat kotimaisen teollisuuden yrityksiä. HL-Hydraulics myös huoltaa ja korjaa käytettyjä sylintereitä sekä hydraulikomponenttejä.

HL-Hydraulics Oy on perustettu vuonna 2010, ja se työllistää toimitusjohtajan lisäksi neljä henkilöä.  
(HL-Hydraulics Oy)

## 5 LAITTEIDEN KUVAUS

Mobiilivoimayksiköitä on kahta eri mallia: HLH HPU 6000 ja pienempi versio HLH HPU3000. Laitemallit eroavat toisistaan moottorin, hydraulisäiliön koon ja pumpun tuoton perusteella. Kummassakin laitteessa käytetään kuitenkin samaa perusratkaisua, polttomoottorikäyttöistä hydraulipumppua, joka on sijoitettu säiliön sisälle. Kuvassa 1 on suurempi laitemalli HLH HPU6000. Kumpikin malli käyttää kaksoispumppua, jossa paineventtiilit on integroitu pumppuun ja säädetty siten, että kevyellä kuormalla litratuotto on suuri ja suurella kuormalla toinen pumppu jää automaattisesti pois käytöstä keventäen moottorin kuormaa ja estäen sen pysähtymisen. Molemmat laitteet varustetaan painelähdöllä ja paluusuodattimella. Mahdolliset lisävarusteet, kuten suuntaventtiilit voi tilata erikseen, jolloin laite voidaan räätälöidä asiakkaan toiveiden mukaiseksi. Molempien mallien peruslaitetta on tarkoitus valmistaa aina tietyn kokoinen sarja, jolloin valmistuskustannukset pysyvät kurissa. Molempien laitteiden perusvarustukseen kuuluu myös kiinnitettävä lukitusaluusta, jonka avulla laitetta voidaan turvallisesti siirtää paikasta toiseen.

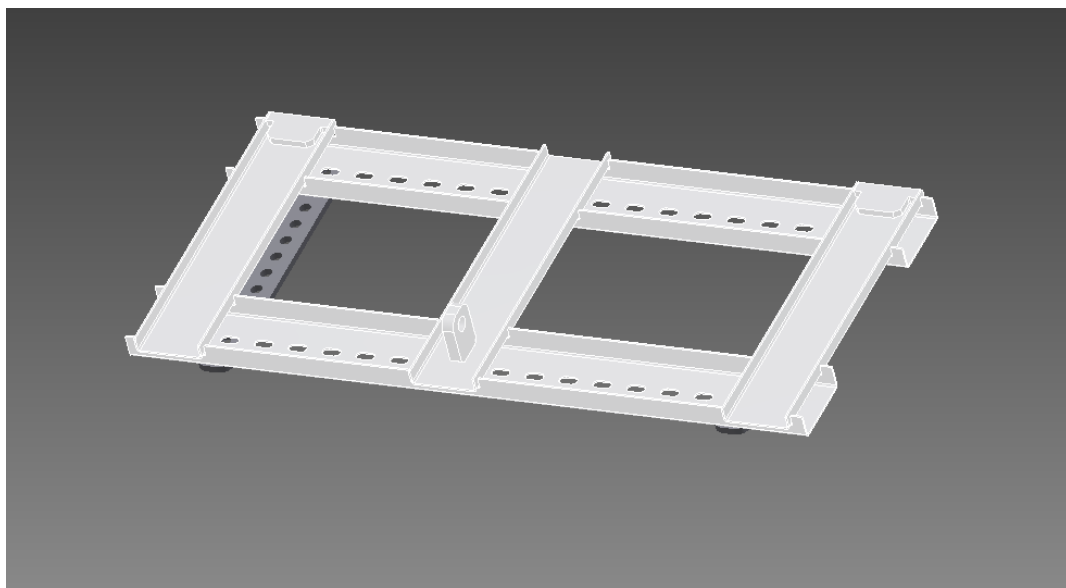


KUVA 1. Mobiilihydraulivoimayksikkö. (Puustinen 2014.)

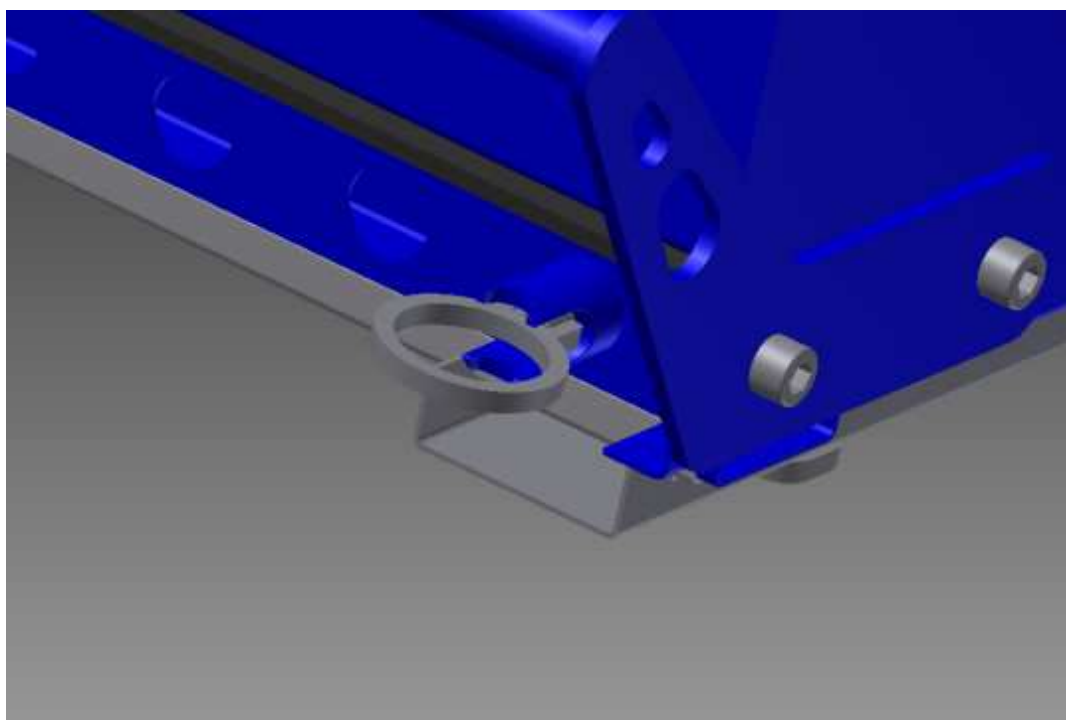
Laitemallit ovat ulkonäöltään samankaltaisia, ne voidaan erottaa toisistaan helpoiten ulkoisen koon perusteella. Voimayksikön voi lukita kiinnitysalustaan kuljetuksen ja tai käytön ajaksi. Lukitusaluusta kuva 2 mahdollistaa nopean ja turvallisen kiinnityksen. Sen voi vapauttaa alustasta vetämällä kuvas-



sa 3 näkyvässä kahvasta. Kiinnitysalustan pohjalattojen säätöreikien avulla sen saa kiinnitettyä luotettavasti lähes mihin tahansa ajoneuvoon.



KUVA 2. Kiinnitysalusta



KUVA 3. Lukituksen vapautuskahva, jota vetämällä voimayksikkö saadaan irrotettua lukituslucustasta.

## 6 OMAVALMISTEOSIEN VALMISTUSTEKNIIKAT

Omavalmisteosat on mallinnettu käyttäen 3D inventor -ohjelmaa. Osista on tehty työpiirustukset, joiden mukaan osat voi teettää alihankintayrityksissä. Osat on suunniteltu laserleikattaviksi ja särmättäviksi. Leikeosien valmistuksessa käytetään laserleikkausta, koska osat ovat huomattavasti tarkempia kuin muilla menetelmillä leikattaessa. Osien yhteensopivuus on erittäin hyvä, mikäli särmäys onnistuu kuvien mukaisesti. Osien muotoilussa pyrittiin käyttämään mahdollisuuksien mukaan ohjauksnastoja sekä tulppahitsausreikiä.

Laitteen runko-osa hitsataan kokoon tulppahitseillä hitsauksen aiheuttamien muodonmuutosten ehkäisemiseksi. Osien tulppahitsausreiät on muotoiltu siten, että laserleikkurin ei tarvitse tehdä lävistystä niiden kohdalla. Tällöin polttovaihe on kustannuksiltaan ja nopeudeltaan edullisempi. Hitsausmenetelmänä voidaan käyttää myös pistehitsausta, jolloin jäykistelevyt hitsataan tulppahitsaukseen tarkoitettujen kolojen välistä. Pistehitsaus on edullinen ja nopea tapa koota laitteen runko-osa. Rungon kokoonpanossa käytetään piste- tai tulppahitsausta muodonmuutosten välttämiseksi. Laitteen öljysäiliö hitsataan käsin MAG-menetelmää käyttäen tai vaihtoehtoisesti hitsausrobotia käyttäen. Säiliö on kuitenkin silloitettava käsin hitsaamalla ennen automatisoitua hitsausta. Laitteissa omavalmisteosia ovat öljysäiliö, runko, kantokahvat, kiinnitysalusta ja tiivisteet.

## 6.1 Laserleikkaus

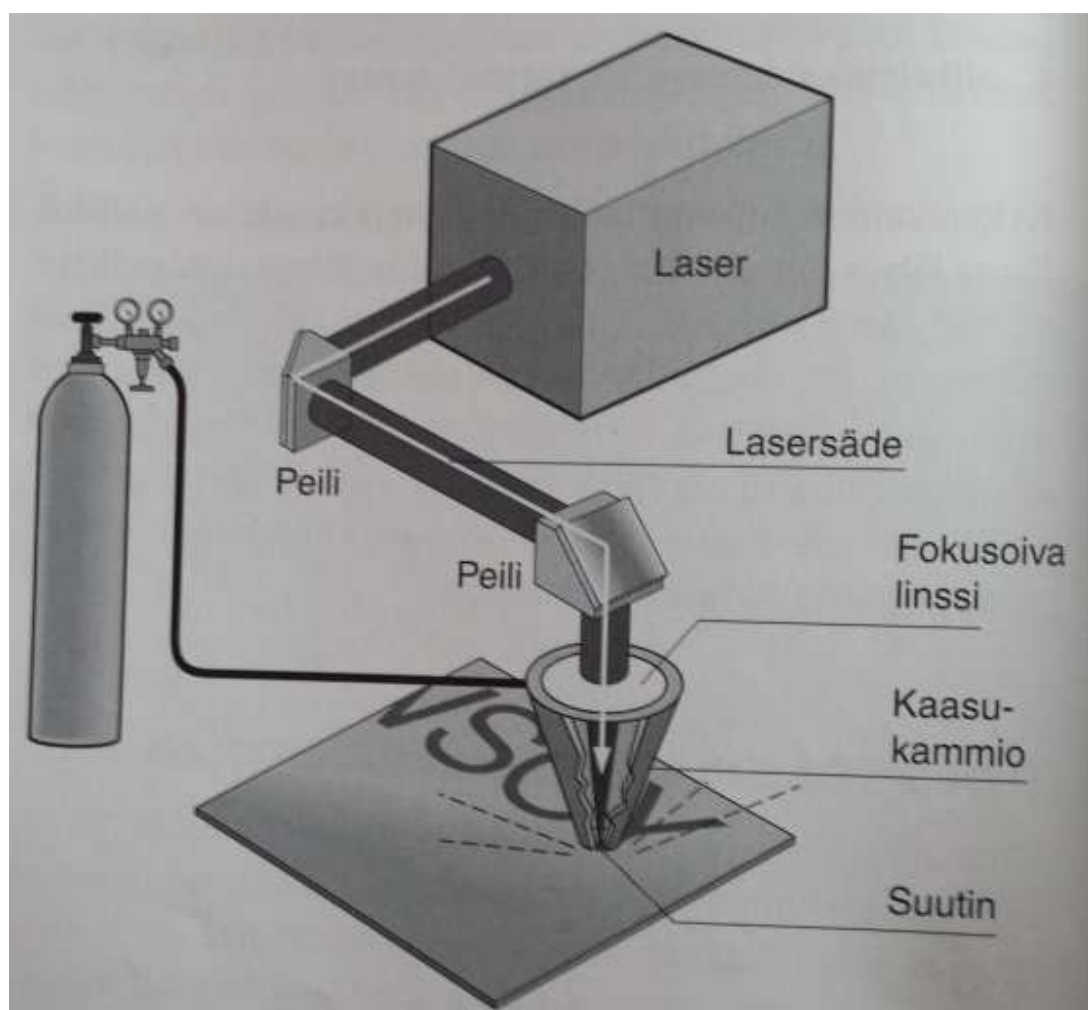
Laserleikkaus teollisuuden työstömenetelmänä on yleensä metallin tarkkaa leikkaamista. Yleisimmin laserleikkausta käytetään levymäisten osien leikkaamiseen. Laserleikkauksen etuja ovat suuri tarkkuus ja vain 0,1 - 0,3 mm leveä leikkausrailo. Pienen lämmöntuonnin ansiosta työkalun muodonmuutokset ovat vähäisiä. Laserilla voidaan leikata myös teräviä kärkeä sekä kapeita ja monimuotoisia kappaleita. Laserleikkauksen jälkeen viimeistelyntarve on myös vähäistä, joten koneistuksen tarvekin vähenee oleellisesti. CNC -ohjattuna laserleikkauksen toistotarkkuus kappaleesta mitattuna on 0,03 mm, joten menetelmä soveltuu erittäin hyvin sarjatuotantoon. Lisäksi laserleikkauksessa leikkuunopeudet ovat suuria. Alla olevasta valokuvasta 4 voi havaita ulkopuolella olevan ohjauspaneelin sekä leikkaustasoritolän, joka on työturvallisuussyistä koneen sisällä. Laserleikkauksessa käytetään yleensä menetelmää (nestaus), jossa koko levyn poltto on suunniteltu valmiiksi erilaisista leikattavista kappaleista. Tällöin kone toimii parhaalla mahdollisella tehokkuudella ja huolellinen osien leikkausjärjestely eli nestaus mahdollistaa pienen materiaalihävikin. Leikatusta levystä jää vain luuranko eli romurautaa syntyy vain vähän.



KUVA 4. Tyypillinen CNC-ohjattu laserleikkuri. (Puustinen 2013.)

Kuvassa 5 esitetään laserleikkausta prosessina. Menetelmä laserleikkaus on terminen leikkausmenetelmä, jossa lämmönlähteenä on infrapuna-alueella toimiva lasersäde. Säde johdetaan leikkauskohtaan peilien avulla ja kohdistetaan linssillä polttopisteeksi, jossa se sulattaa ja höyrystää leikattavaa materiaalia. Samankeskeisesti leikkauskohtaan johdetaan leikkauskaasu, joka voi olla aktiivinen happi tai inertti typpi. Leikkauskaasun tehtävänä on suojata linssiä roiskeilta ja huuuilta ja pitää linssin ja työkalun väli puhtaina hiukkasista joihin säde voisi absorboitua. Lisäksi kaasu poistaa sulan materiaalin leikkausrailosta. Hapella leikattaessa happi polttaa materiaalia pois railosta ja typpi suojaa leikkauspintoja hapettumiselta.

(Lepola ja Makkonen 2005, 252.)



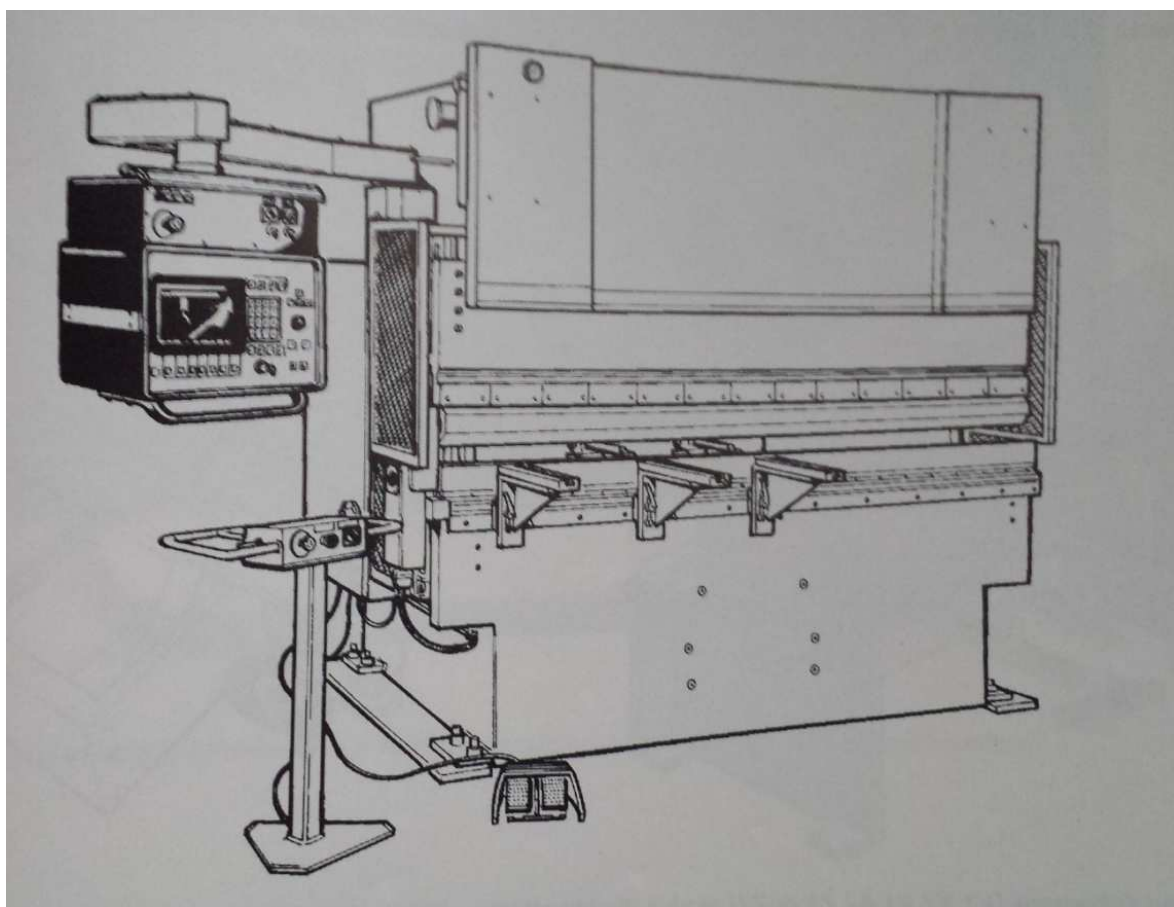
KUVA 5. Laserleikkauslaitteiston toimintaperiaate (Lepola ja Makkonen 2005, 252.)

## 6.2 Särmäys

Särmäyksellä tarkoitetaan metalliteollisuudessa ohutlevyn taivuttamista siihen tarkoitettulla laitteella, jota nimitetään särmäyspuristimeksi. Särmäyksellä tarkoitetaan lyhyesti metallilevyn taivuttamista. Metallilevy taivutetaan ylä- ja alaterän välissä hydraulikan voimalla. Särmäyksessä metallilevy taivutetaan yleisesti kylmänä. Alla olevassa kuvassa 6 on CNC ohjattua hydraulisesti toimivaa särmäyspuristinta esittävä piirros.

Särmäyksellä ja taivuttamisella kappaleeseen saadaan lisää jäykkyyttä ja tuotetta voidaan keventää pienentämällä valmistukseen käytettävän materiaalin paksuutta. Kappaleen käsittely helpottuu sekä valmistettaessa että asennettaessa. Usein kevyt ja lujarakenteinen tuote on muotoilultaan onnistunut. Levyvahvuuden kasvaessa ja taivutussäteen pienentyessä rajoittavana tekijänä on käytettävän koneen teho, koska pienen taivutussäteen aikaansaaminen vaatii suurta tehoa varsinkin suuria levyvahvuuksia käytettäessä.

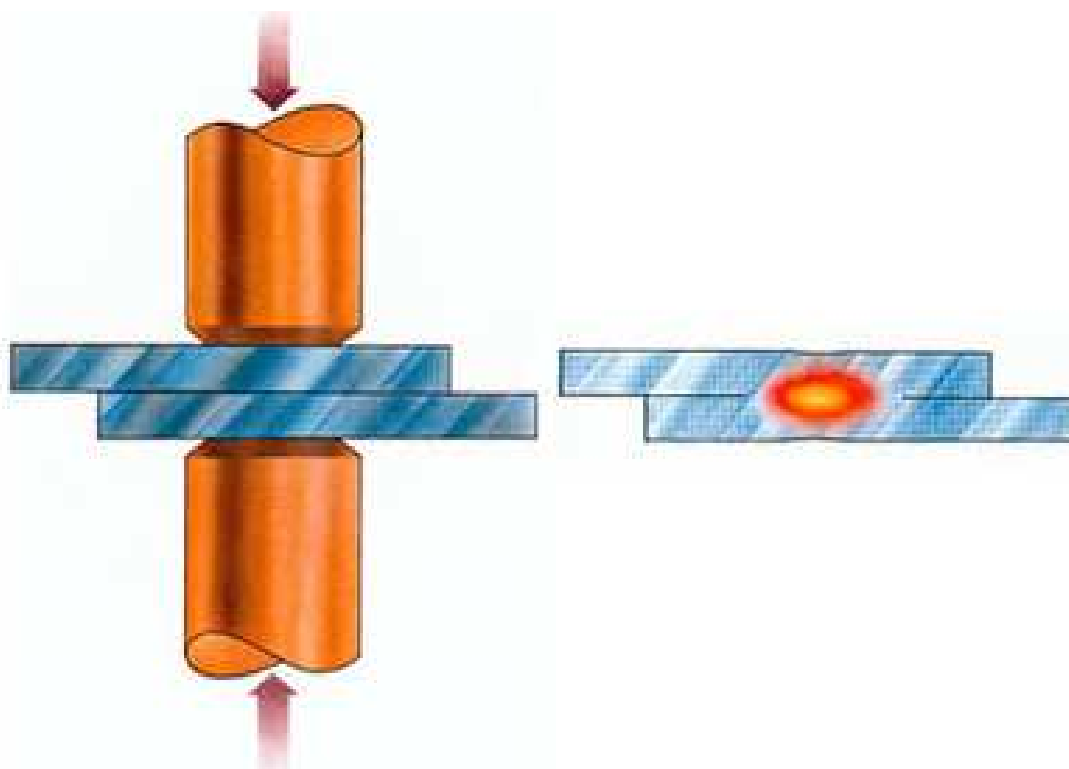
(Lepola ja Makkonen 2005, 300 - 301.)



KUVA 6. CNC-ohjattu särmäyspuristin (Finn Power) (Lepola ja Makkonen 2005, 313.)

### 6.3 Pistehitsaus

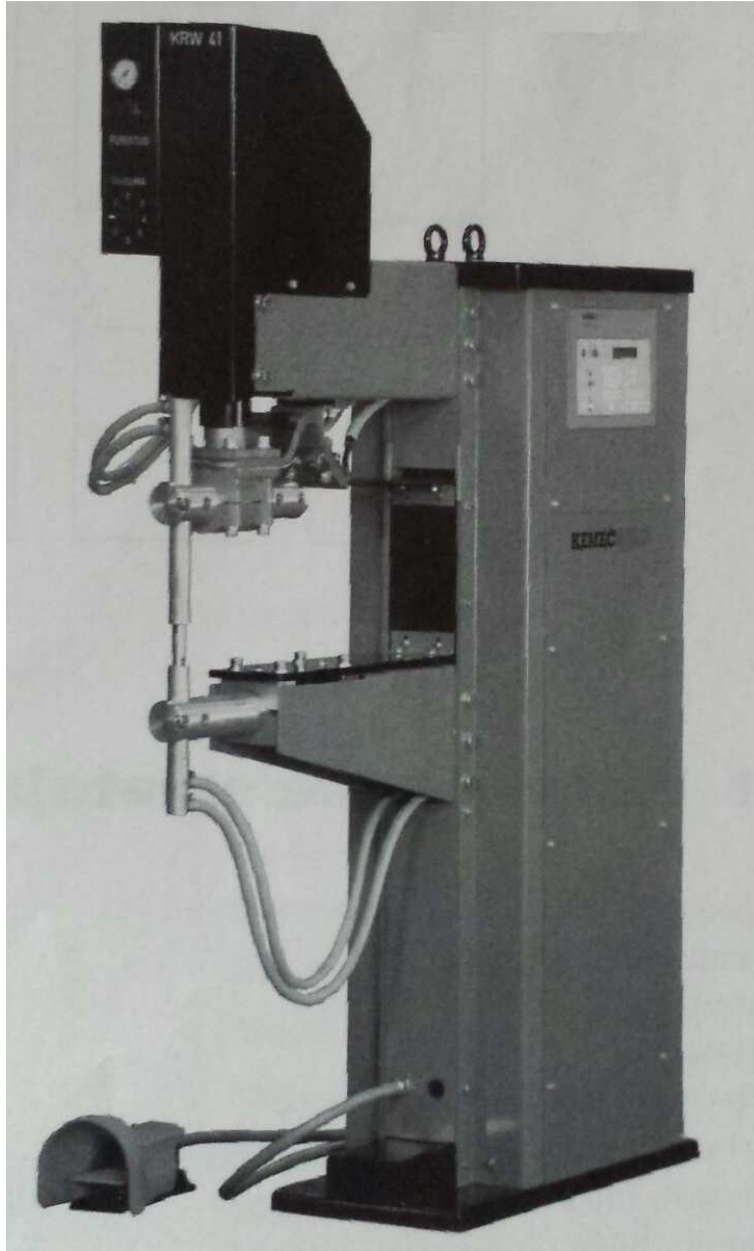
Resistance Spot Welding (RSW) eli pistehitsaus. Pistehitsauksessa liitettävät kappaleet puristetaan toisiaan vasten kupariseosteisilla sähköä hyvin johtavilla elektrodeilla, joita jäähdytetään vedellä. Pistehitsauksessa hitsauslämpö saadaan vastuslämpönä. Rajapinnalla sähkövastus on suurin, ja siellä syntyy riittävästi lämpöä kappaleiden sulamiseen. Pistehitsauksessa liitettävien kappaleiden on aina oltava limittäin ja liitospintojen on sovittava hyvin toisiaan vasten. Erilaisia liitosmuotoja on lukuisia ja niiden valmistusta rajoittaa yleensä liitettävien osien valmistuksessa käytettävien koneiden ominaisuudet. Alla oleva kuva 7 havainnollistaa pistehitsin syntymisen. Virransyötön loputtua alkaa sulan linssin jäähtyminen ja jähmettyminen hitsiksi.



KUVA 7. Pistehitsin syntyminen (Esab Oy 2015.)

Pistehitsausta käytetään ohutlevyjen liittämiseen. Levyn paksuus on yleensä alle 3mm. Suunnitteluvaiheessa on myös huomioitava, että työkappaleiden suurin yhteispaksuus on 6mm. Pistehitsauksen etuja ovat esimerkiksi työn nopeus ja vähäiset lämmöstä johtuvat työkappaleen muodonmuutokset. Menetelmällä saadaan myös luotettava liitos, joka on maalattavissa ilman jälkikäsitteilyä. Pistehitsausmenetelmä mahdollistaa myös useiden eri materiaalien käytön ja sillä voidaan liittää pinnoitettuja ohutlevyjä toisiinsa, ilman suurempaa pinnoitteen tuhoutumista. Pistehitsauksen taloudellisuutta tukee sekä laitteiston itsensä, että käytön edullisuus. Tyypillisesti pistehitsikone koostuu saksimaisien varsien päissä olevista kuparielektrodeista ja näitä syöttävästä virtalähteestä. Hitsattaessa voidaan säätää kahta perusparametriä, hitsausvirran voimakkuutta sekä hitsauksen kestoa. Lisäksi kehittyneimmissä laitteissa voidaan säätää ns. esi- ja jälkipuristusta. Toisin sanoen voidaan säätää

elektrodien painamista yhteen sekä voimaa ja kestoja ennen ja jälkeen hitsausvirran kulkua. Hitsausvirran katkettua jälkipuristusajalla elektrodit jäädyttävät hitsin. Alla olevassa kuvassa 8 on tyypillinen pistehitsauskone. Suuremmissa koneissa elektrodipareja voi olla useampia. Pistehitsauksen suurimpia hyödyntäjiä ovat autoteollisuus, kodinkoneteollisuus LVI ja rakennuspeltiteollisuus. (Lepola ja Makkonen 2005, 255 - 256.)



KUVA 8. Pistehitsauskone ja ohjauspaneeli (Lepola ja Makkonen 2005, 255.)



#### 6.4 Mag-hitsaus sekä mahdollinen robottihitsaus

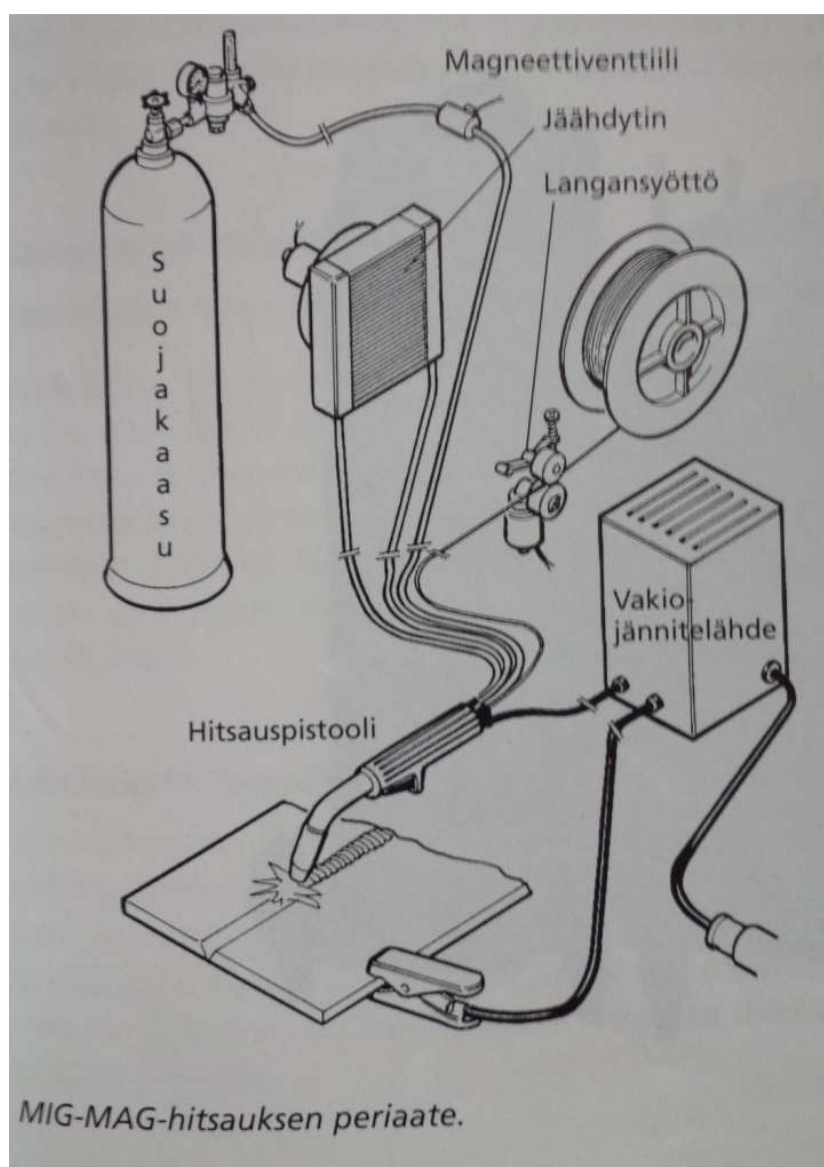
Mag-hitsaus tarkoittaa hitsaamista aktiivisella suojakaasulla eli käytännössä hiilidioksidilla tai hiilidioksidin ja argonin seoskaasulla. Aktiivinen suojakaasu reagoi sulassa metallissa olevien aineiden kanssa. MAG hitsaus on ensisijainen menetelmä mustien (eli ei ruostumattomien) terästen hitsaukseen. Kuonaa ei muodostu, mikäli hitsattavat materiaalit ovat puhtaita. MAG hitsaus on myös helppo automatisoida. Voidaan käyttää yksinkertaisia mekanisointilaitteita esimerkiksi pyörähdysautomaatit tai kuljettimet. Yksinkertaisiin mekanisointikohteisiin voidaan käyttää kuvassa 9. olevaa käsihitsaukseen tarkoitettua hitsauskonetta. Vaativampiin kohteisiin käytetään nivelvarsi tai portaali-tyyppisiä hitsausrobotteja. Nykyisin hitsauksen automatisoinnin kehittäminen on tärkein tekijä tuottavuuden parantamisessa. Automatisoinnin kannalta tärkeimpiä asioita ovat hitsauksen toistettavuus ja tasainen laatu. Tekijöiden taustalla on monia parametrejä, jotka on sovellettava käytössä olevaan hitsaustapahtumaan. Mekanisoidussa MAG – hitsauksessa erona on vain hitsauspolttimen mekaaninen kuljetus.



KUVA 9. MAG hitsauslaite käsin hitsaukseen (Puustinen 2013.)



MAG-hitsauksen periaate on puoliautomaattinen hitsausmenetelmä, jossa lisäaineena käytettävää hitsauslankaa syötetään automaattisesti vakionopeudella suojakaasulla suojattuun hitsauskohtaan, missä lisäainelangan kärjen ja perusaineen välissä palava valokaari sulattaa lisä ja perusainetta. MIG ja MAG hitsausmenetelmät eroavat toisistaan vain käytetyn kaasun osalta. MIG = Metal-arc inert gas eli inertti kaasu. Tällöin käytetään Argonin ja Heliumin kaasuseoksia. MAG = Metal-arc active gas eli aktiivinen kaasu, tällöin käytetään hiilidioksidin kaasuseoksia. Kummankin menetelmän toimintaperiaate on esitetty kuvassa 10. MAG hitsaus on tuottava ja edullinen hitsausmenetelmä. Muita etuja ovat hyvä tunkeuma, voidaan hitsata kaikissa asennoissa, ei ole kuonan muodostusta, ohutlevyjen hitsattavuus ja lisäaineiden edullisuus. Merkittävimpiä haittoja lähinnä arkuus tuulelle ja vedolle ja hitsauspolttimen muoto rajoittaa usein pääsyä ahtaisiin kohteisiin. (Lepola ja Makkonen 2005,103.)



KUVA 10. MIG/MAG hitsauslaitteiston periaate (Lepola ja Makkonen 2005, 103.)

## 7 MOBIILIHIDRAULIVOIMAYKSIKÖN RAKENNE

Laitteiston rakenne koostuu ostokomponenteista joita ovat:

- Moottori
- Hydraulipumppu
- paluusuodin
- putket ja liittimet
- pumpun ja moottorin kytkinkoppa
- sakarakytkin

Lisäksi laite sisältää omaa suunnittelua olevia osia:

- Säiliö
- Runko
- Nostokahvat
- kiinnitys/kuljetusalusta
- Tiivisteet

### 7.1 Tuotekehityksen lähtökohta

Tuotekehityksen lähtökohtana on aiemman kehitysprojektin aikana rakennettu prototyyppi, joka on samankaltainen kuin tässä esitellyt kaksi laitemallia. Prototyyppi on varustettu esitellyistä laitteista poiketen yhdellä 2:ryhmän 11,2cm<sup>3</sup> hydraulipumpulla ja Briggs & Stratton 13HV Vanguard polttomoottorilla. Prototyypin suunnittelu lähti etenemään öljyntarpeen määrittämisellä ja sen mukaan riittävän moottoritehon laskemisella. Moottoritehon laskemisessa hyödynsin valmiita laskureita, joita löytyy esimerkiksi Tehohydro Oy:n nettisivuilta. Sopivien komponenttien löydyttyä niitä testattiin käytännössä hydraulipyöritteellä lumilingolla, joka oli kiinnitetty mönkijään. Lumilinko on hyvä testilaitte, koska se tarvitsee paljon öljyntuottoa ja siinä esiintyy myös hetkellisesti korkeampaa paineen tarvetta.

Tuotteen suunnittelu eteni suunnitelmaan, jossa pumppu sijoitetaan säiliön sisälle. Tämä ratkaisu antaa laitteelle kompaktin ja siistin yleisilmeen. Lisäksi se pienentää laitteen ulkomittoja huomattavan paljon. Säiliön sisällä pumppu on kokonaan öljynpinnan alapuolella riippumatta laitteen asennosta, joten käyttöasento on riippuvainen pelkästään moottorin tuomista rajoituksista. Säiliön sisään sijoitettiin loiskelevy, joka toimii myös jäykisteenä ja ennalta ehkäisee muodonmuutoksia hitsauksessa.

### 7.2 Rakenteen suunnittelun eteneminen

Laitteen suunnittelun lähtökohtana oli päämäärä, jossa laitteen tulisi olla mahdollisimman tehokas ja kuitenkin helposti liikuteltava. Laitteen kokoon luonnollisesti vaikuttavat lähinnä moottori ja säiliön koko. Laitteen hinta oli myös pyrittävä pitämään kohtuullisena. Tästä syystä esim. Vanguard moottori korvattiin B&S 2100 series moottorilla. 2100 sarjan moottorin hinta on noin puolet Vanguard moottorin hinnasta, mutta käytännön ominaisuuksissa ei juuri ole eroa. Vanguard moottori kuva 11

on ns. ammattikäyttöön tarkoitettu ja 2100 kuva 12. on ns. edullinen vaihtoehto, mutta kuitenkin erittäin laadukas tuote. Alla olevista kuvista voi vertailla Vanguard- ja 2100 sarjan moottoreita. Moottoreiden asennusmitat ovat samat, niillä ei juuri ole tehoeroa. Suurimmat erot ovat moottorin laakeroinnissa, ulkonäössä ja ostohinnassa. Vanguard moottorilla on myös 3 vuoden takuu.



KUVA 11. Vanguard 13 HP moottori (Puustinen 2014.)



KUVA 12. 2100 Series- moottori (Puustinen 2014.)

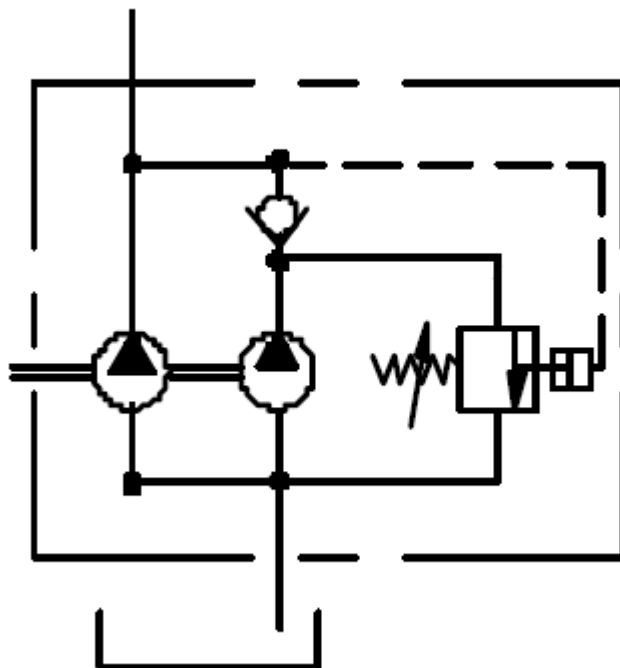
### 7.3 Hitsattavan tuotteen suunnittelussa huomioonotettavia tekijöitä

Hitsattavan tuotteen suunnittelijalla on oltava selkeä ja totuudenmukainen tietämys käytettävissä olevista tuotantokoneista ja niiden mahdollisuuksista. Suunnittelussa tulisi huomioida robottihitsaus tai yksinkertaisempi hitsauksen mekanisointi. Osien lukumäärä tulisi pitää mahdollisimman pienenä. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon eri osanvalmistusmenetelmien tarkkuudet hitsauksen mekani-soinnin kannalta. Osien valmistuskustannuksissa voi olla suuria eroja, joten kustannustehokkuus on myös syytä pitää mielessä. Laserleikkaus on monesti kalliimpi verrattuna muihin menetelmiin, mutta sen tarkkuus on huomattavasti muita menetelmiä parempi, joten osien keskinäinen sovittelu on huomattavasti nopeampaa ja viimeistelyn tarve vähäisempi. Laserleikkeisiin on hyvä suunnitella myös ohjausnastat, jotka helpottavat osien paikoittamista silloitushitsauksessa. Suunnittelijan on myös lisäksi huomioitava käytössä olevan hitsausrobotin pyörähdyshalkaisijat ja muut kappaleen ko-koa rajoittavat seikat.

Ensimmäisten laitteiden osat on valmistettu käsin hitsaamalla, mutta niiden rakenne mahdollistaa myös hitsausrobotin käytön. Rungon valmistuksessa taloudellisin menetelmä on pistehitsaus, mikäli valmistavalla yrityksellä on siihen soveltuvat laitteet. Rungon osissa on myös tulppahitsausreiät, mi-käli käytetään MAG hitsausmenetelmää. Runko kootaan vain pistehitseillä tai tulppahitseillä, joten sen hitsauksessa ei robotista ole juuri mainittavaa hyötyä.

### 7.4 Komponenttien valinta

Komponentit on valittu siten, että molemmat mallit käyttävät samoja osia mahdollisuuksien mukaan, mutta pääasiallinen syy kyseisten komponenttien valintaan oli tietty moottoritehon ja öljyntuoton tarve. Moottoreiksi valittiin Briggs & Stratton niiden ominaisuuksien, huollon helppouden ja varaosi-en saatavuuden takia. Briggs & Stratton-moottoreiden huolto ja yleisimmät varaosat löytyvät lähes kaikista suurimmista taajamista ja kaupungeista. Pumpuiksi valittiin kaksoispumput moottoritehon paremman hyödyntämisen vuoksi. Pumpuissa on integroitu paineraja, jolloin säiliön läpi tarvitsee tuoda vain yksi painelinja, eikä erillisiä ulkopuolisia painerajoja. Tämän kaltainen pumppu vie vä-hemmän tilaa ja on edullisempi ratkaisu kuin erilliset pumput ja painerajat. Kuvassa 13 on esitetty piirrosmerkillä tandempumpun toiminta.



KUVA 13. Tandempumpun piirrosmerkki (Puustinen 2015.)

Hydraulijärjestelmää suunniteltaessa on arvioitava, minkä tyyppinen pumppu kuhunkin järjestelmään on sopivin. Ei riitä, että tarkastellaan pelkkää pumpun tuottamaa tilavuusvirtaa ja painetta, vaan on kiinnitettävä huomiota myös taloudellisuuteen. Käsitteeseen taloudellisuus liittyy hyvin monta asiaa, kuten esimerkiksi hankintahinta, käyttöikä ja huollon tarve.

(Keinänen ja Kärkkäinen 2000, 270.)

Paineenrajoitusventtiili on mitoitettava siten, että se läpäisee tarvittaessa koko pumpun tuottaman tilavuusvirran. Sen on pystyttävä läpäisemään pumpun tuotto myös silloin, kun öljy on kylmää ja sen virtausvastus on suurimmillaan.

(Keinänen ja Kärkkäinen 2000, 280.)

## 7.5 Laitteiden tekniset tiedot

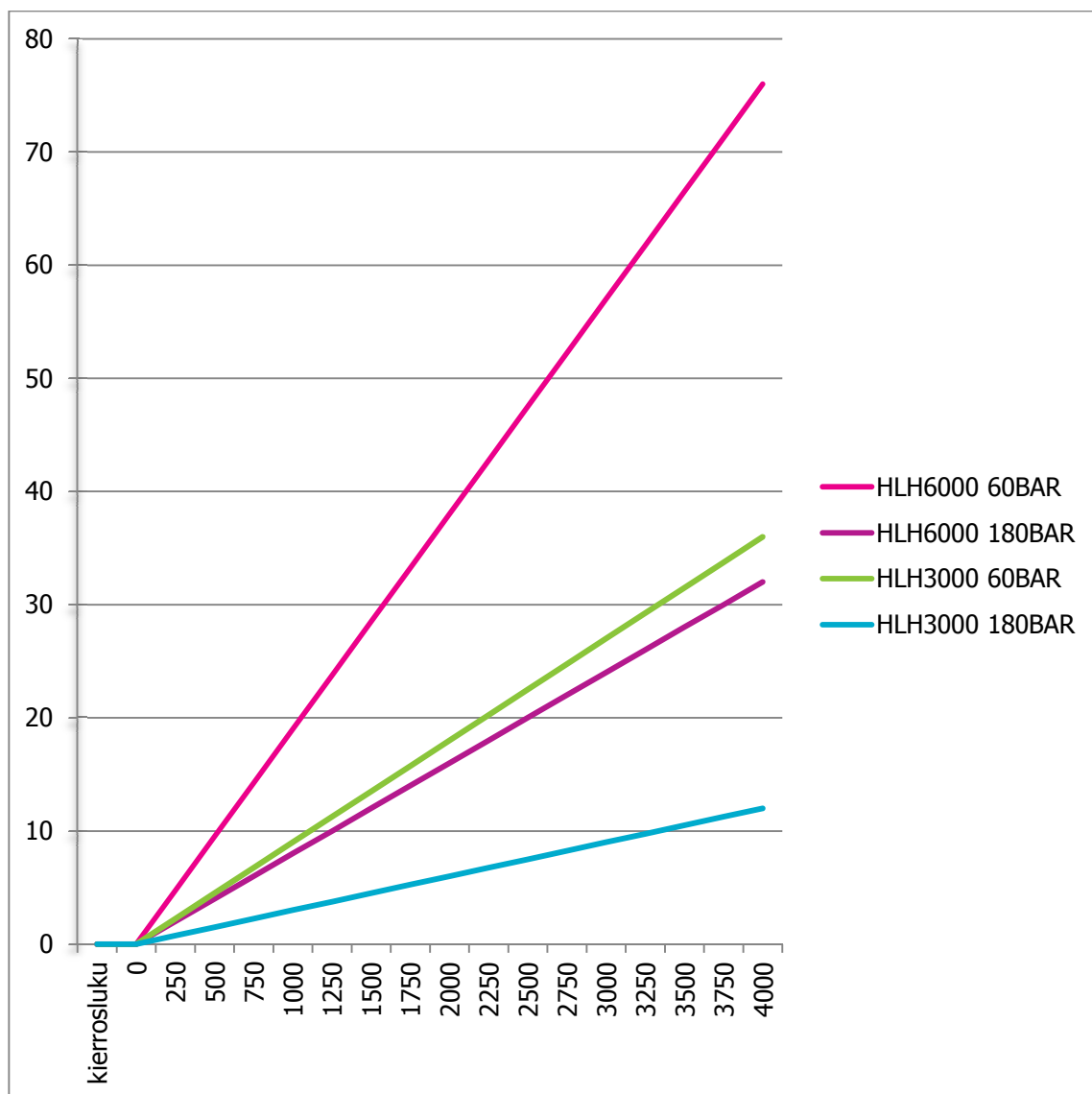
Voimayksiköiden öljyntuottomäärää voidaan säätää muuttamalla moottorin kierroslukua. Mallikohtaiset öljyntuotot ja tekniset tiedot löytyvät taulukosta 1. Taulukon arvot on ilmoitettu moottorin suurimman kierrosluvun mukaan. Kierroslukua voidaan tästäkin pienentää aina tyhjäkäynnille saakka, mikäli käytettävän laitteen kuorma on pieni. Liian pieni kierrosluku voi pysäyttää moottorin, koska moottori ei pyöri parhaalla mahdollisella vääntöalueella. Kuvio 1 havainnollistaa öljyntuoton eri kierrosluvuilla.

TAULUKKO 1. Laitteiden tekniset tiedot

MALLI	HPU6000	HPU3000
PAINO (sisältäen öljyt)	90 kg	55 kg
PITUUS	950 mm	800 mm
LEVEYS	540 mm	410 mm
KORKEUS	530 mm	425 mm
MOOTTORI	B&S 2100 series	B&S 950 series
PA-SÄILLIÖ	6,6L	3,1L
ÖLJYSÄILIÖN TILAVUUS	37L	20L
PUMPPU	2 ryhmä 11/ 8cm <sup>3</sup>	1 ryhmä 6/ 3cm <sup>3</sup>
MAX. tuotto paineella 60BAR	68 L/MIN	32 L/MIN
MAX. tuotto paineella 180BAR	29 L/MIN	11 L/MIN

## 7.6 Voimayksiköiden öljyntuotto

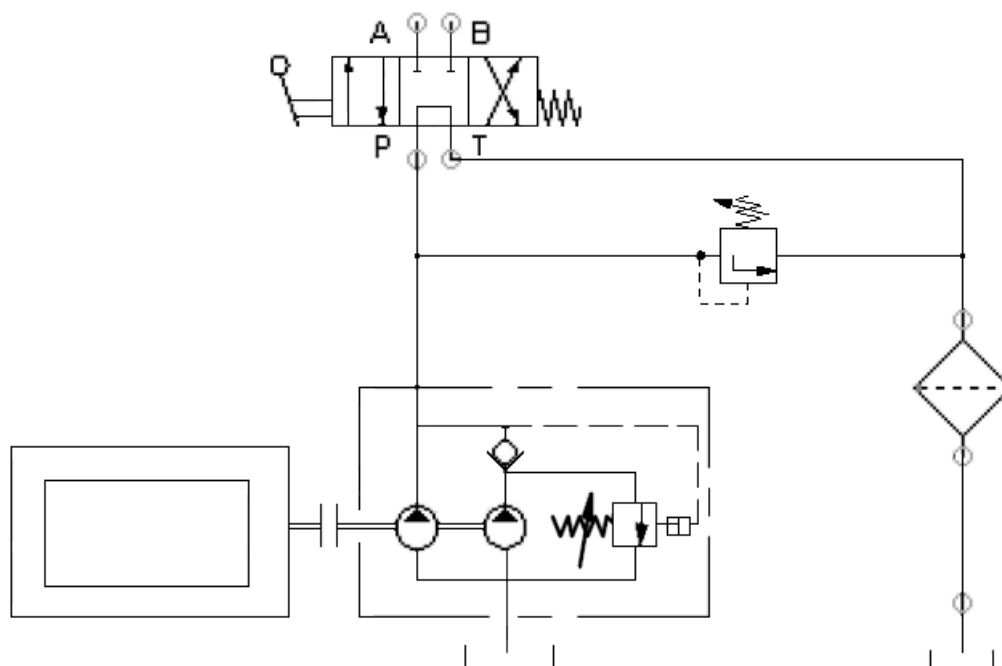
Voimayksiköiden öljyntuottoa voidaan säätää moottorin kierroslukua muuttamalla. Alla olevasta kuvista 1 voi havaita öljymäärän tarkasteltavalla kierrosluvulla.



KUVIO 1. Hydraulivoimayksiköiden öljyntuotto litraa minuutissa

## 7.7 Hydraulikaavio

Hydraulikaaviossa 1 esitetään laitteen toiminta piirrosmerkein. Kaaviossa esiintyvät piirrosmerkit on selitetty sivulla 5. Hydraulikaavio kuvaa laitteen rakenteen ja on olennainen dokumentti laitetta valmistettaessa.



KUVA. 14. Hydraulikaavio 1. (Puustinen 2015.)

## 7.8 Mobiilihydraulivoimayksikön hydrauliiikan rakenne

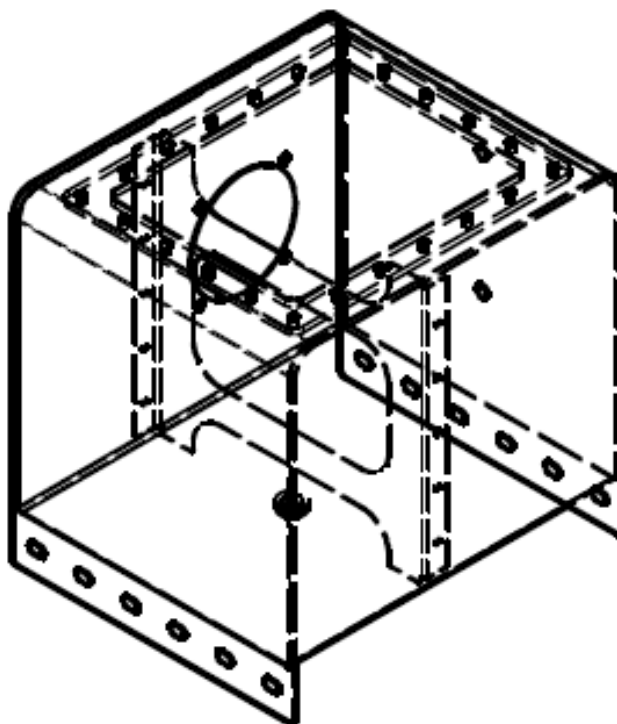
Perusversiossa on pumppu, paluusuodin, tankki ja yksikarainen kaksitoiminen suuntaventtiili. Suuntaventtiili ei kuulu perustoimitukseen, ellei sitä erikseen tilata, mutta käytettäessä sellainen on kuitenkin oltava. Suuntaventtiilissä on oltava vapaakierto, koska voimayksikössä on hammaspyöräpumppu. Hammaspyöräpumpppua käytettäessä öljynkierto ei saa koskaan olla kokonaan suljettuna, sillä sulkeminen aiheuttaa moottorin pysähtymisen tai vaurioita voimayksikköön tai käytettävään laitteeseen. Voimayksikön käyttö ilman suuntaventtiiliä on mahdollista vain, mikäli käytettävässä laitteessa itsessään on suuntaventtiilit.

Kummankin mobiilihydraulivoimayksikön pumppuna toimii tandempumppu, jossa matalapainepuolen paineraja on sijoitettu pumpppaketin pätyyn. Tämä paineraja kannattaa säätää valmiiksi ennen pumpun asentamista säätötyön helpottamiseksi. Tähän säätöön tarvitsee koskea vain erikoistapauksissa, sillä pumpput tilataan tehtaalta valmiiksi säädettynä. Laitteen ollessa vakiosäätöisenä matalapainepuolen paineraja on säädetty 60 baaria raja-arvoon, jolloin kuormituksen noustessa matalapainepumppu jää vapaalle ja vähentää moottorin kuormitusta. Tämä aiheuttaa hydraulisen liikkeen hidastumisen, mutta sylinterien tai hydraulimoottorin voima kasvaa korkeapainepumpun säätöjen



mukaisesti. Korkeapainepumppua voidaan säätää suuntaventtiin painerajasta tai erillisestä laitteeseen asennetusta paineenrajoitusventtiilistä moottorin tehon rajoissa. Tämänkaltaisen ratkaisu on hyvä ja edullinen toteuttaa. Säädot ja paineen vaihtelut ovat tietysti karkeita, mikäli verrataan esimerkiksi säätötilavuuspumppuihin. Tämän laitteen käytössä tandempumppu toimii kuitenkin erinomaisesti, minkä vuoksi laitteen kustannukset jäävät maltillisiksi. Molempien laitemallien pumput on sijoitettu öljysäiliön sisälle, öljynpinnan alapuolelle lähelle säiliön pohjaa. Tämä mahdollistaa rajutkin laitteen asennon vaihtelut työskenneltäessä ilman riskiä pumpun öljyn saannin riittävydestä.

Avoimen hydraulijärjestelmän säiliön tulisi olla kahdesta kolmeen kertaa pumpun tuoton kokoinen, mutta näiden laitemallien toteutuksessa se ei ollut mahdollista ulkoisen koon ja liikuteltavuuden takia. Liiallisen öljyn lämpötilan nousun ehkäisemiseksi säiliössä on lämpömittari, josta voi seurata lämpötilaa ja noudattaa öljyn valmistajan antamia öljyn käyttölämpötiloja koskevia ohjeita. Kuvassa 15 on säiliön läpileikkauskuva, josta ilmenee pumpun ja loiskelevyn sijainti säiliössä. Pumppu on sijoitettu säiliöön siten, että imu tapahtuu alhaalta, muttei kuitenkaan aivan säiliön pohjalta.



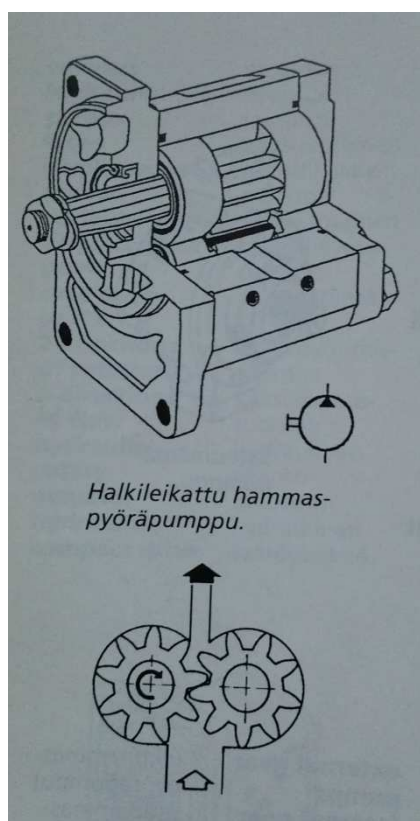
KUVA 15. Hydraulisäiliön rakenne

Pumpun imuliittimessä on kartion muotoinen imusuppilo, joka parantaa pumpun öljynsaantia korkeilla kierrosluvuilla estäen kavitointia. Kuvassa 16 tandempumppu on asennettu säiliöön. Pumpun painelähtö näkyy kuvassa ylöspäin ja imuliitin on säiliön pohjaa kohti.



KUVA 16. Tandempumppu (Sami Puustinen 2014.)

Molemmat pumput ovat rakenteeltaan samanlaisia. Yksi ja kaksi ryhmän pumput eroavat toisistaan lähinnä kokonsa puolesta, kaksi ryhmän pumpuissa on suurempi runko ja kiinnityslaippa. Laitteessa käytetyissä tandempumpuissa molemmat lohkot ovat halkileikkauskuvan 17 kaltaisia.

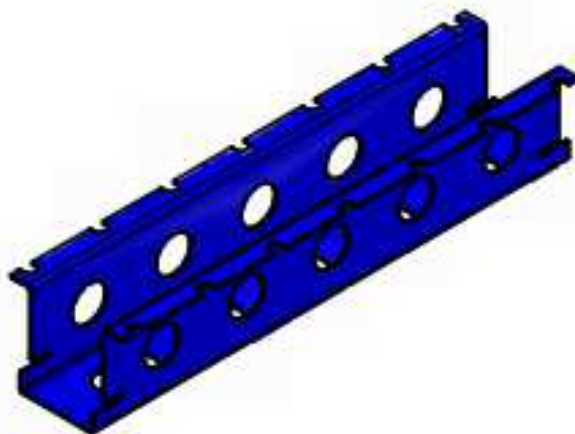


KUVA 17. Ulkoryntöinen hammaspyöräpumppu (Keinänen ja Kärkkäinen 2000, 124.)

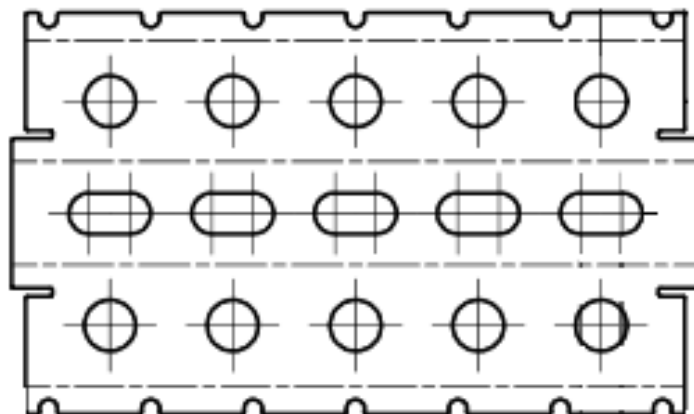
Hammaspyöräpumput ovat vakiotilavuuspumppuja, joissa neste siirretään imuliitännästä paineliitännään pumpukammion seinämän ja hammaslovién muodostamissa suljetuissa kammioissa.

## 7.9 Mekaaninen rakenne

Mobiilihydraulivoimayksikön teräsrakenteet on valmistettu ohutlevystä, laserleikkeitä ja särmäystä käyttäen. Ainevahvuudet ovat 2 - 4 mm. 2 mm vahvuisten osien jäykkyyttä on lisätty särmäämällä ja vahvikepalkkeja käyttämällä. Alustan pohjassa on poikkipalkit, jotka toimivat jäykisteenä ja niiden avulla laite voidaan kiinnittää helposti kuljetusalustaan. Kaikkien osien suunnittelussa on huomioitu myös osien paino sillä liian suuri massa hankaloittaisi liikuteltavuutta, koska kyseessä on mobiililaite. Esimerkkinä alla olevassa kuvassa 18 rungon jäykiste, joka on valmistettu särmäämällä laserleikkeestä. Jäykisteen sivuille ja pohjaan on tehty reikiä painon säästämiseksi. Osan reunoilla olevat lovet on tehty tulppahitsausta varten. Kuvassa 19 on sama osa levyleikkeenä.

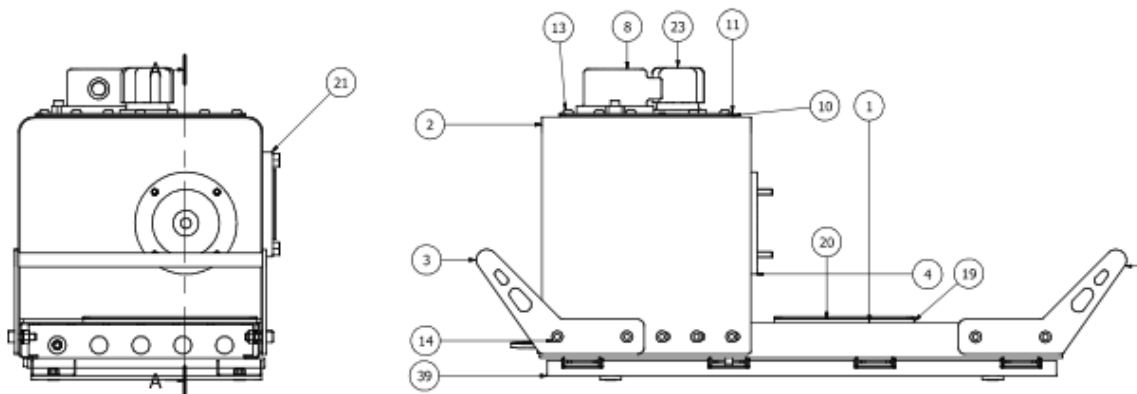


KUVA 18. Kuvakaappaus pohjajäykisteen 3D mallista



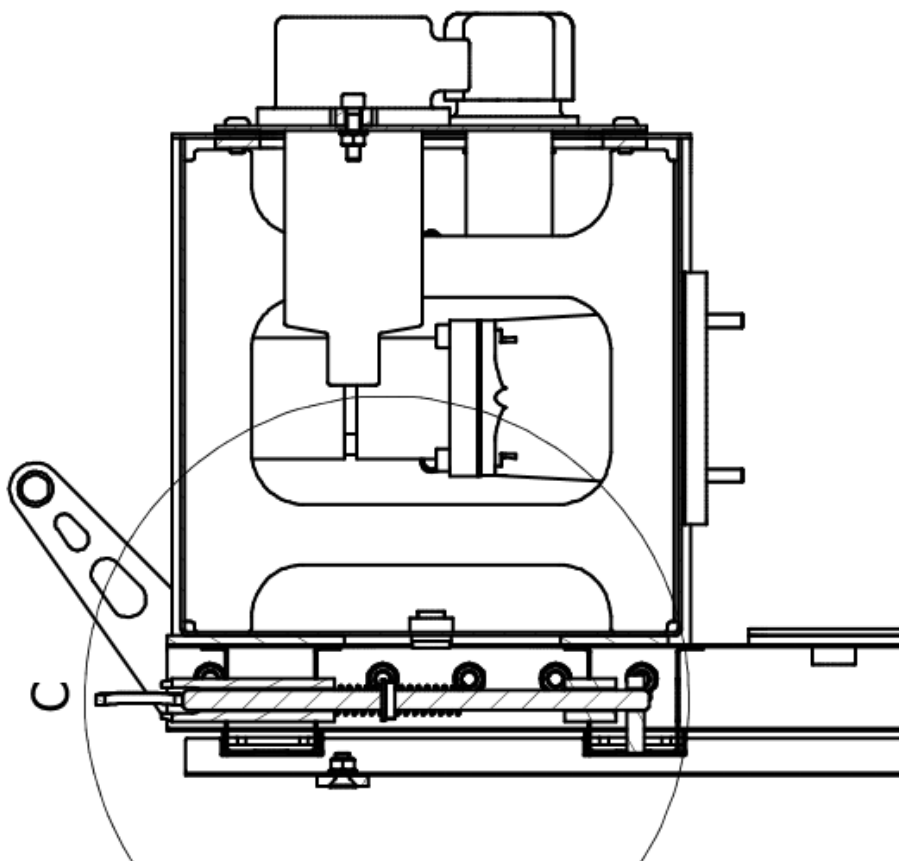
KUVA 19. Pohjajäykisteen levityskuva ( Puustinen 2014.)

Moottorin ja rungon väliin on asennettu kumista valmistettu värinän vaimennuslevy. Kumilevy on numeroitu kuvassa 20 numerolla 19. Samasta materiaalista valmistettu kumilevy on myös säiliön ja rungon välistä. Tällä on pyritty vähentämään moottorin aiheuttamasta tärinästä johtuvaa materiaalin väsymistä.



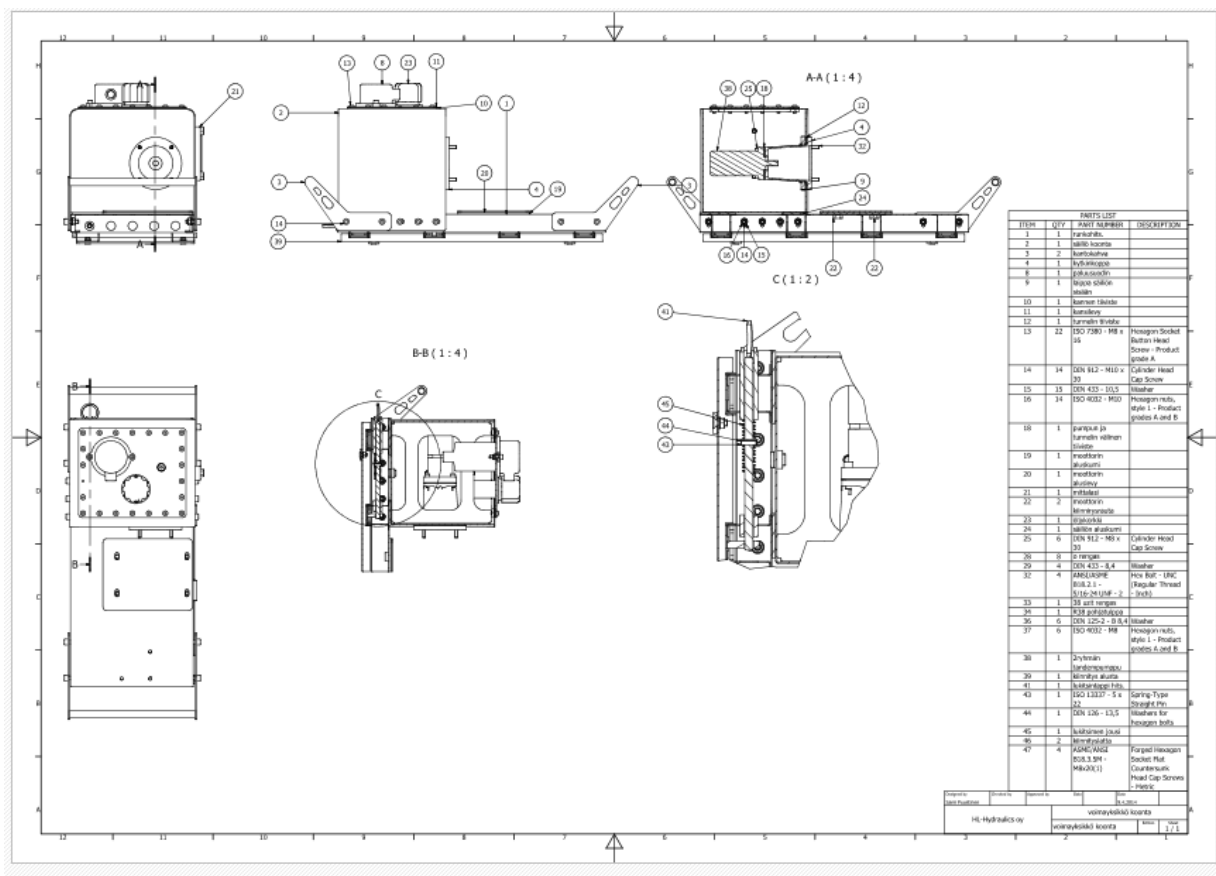
KUVA 20. Hydraulivoimayksikön runko ja säiliö

Alla olevan leikkaus kuvan 21 avulla voi havaita komponenttien paikat säiliöstä sekä jousikuormitteisen lukitustapin toiminnan.



KUVA 21. Halkileikkaus säiliöstä ja rungosta

Kuvassa 22 on kokoonpanopiirustus. Kokoonpanopiirustus sisältää osaluettelon, jonka mukaan osat on numeroitu piirustukseen. Piirustuksen mukaan laitteen voi koota kuka tahansa koneenasentajan koulutuksen saanut henkilö.



KUVA 22. Kokoonpanopiirustus (Puustinen 2014.)

## 7.10 Laitteiden kustannukset

Laitemallien projektivaiheen kustannukset muodostuvat seuraavanlaisista osahinnoista:

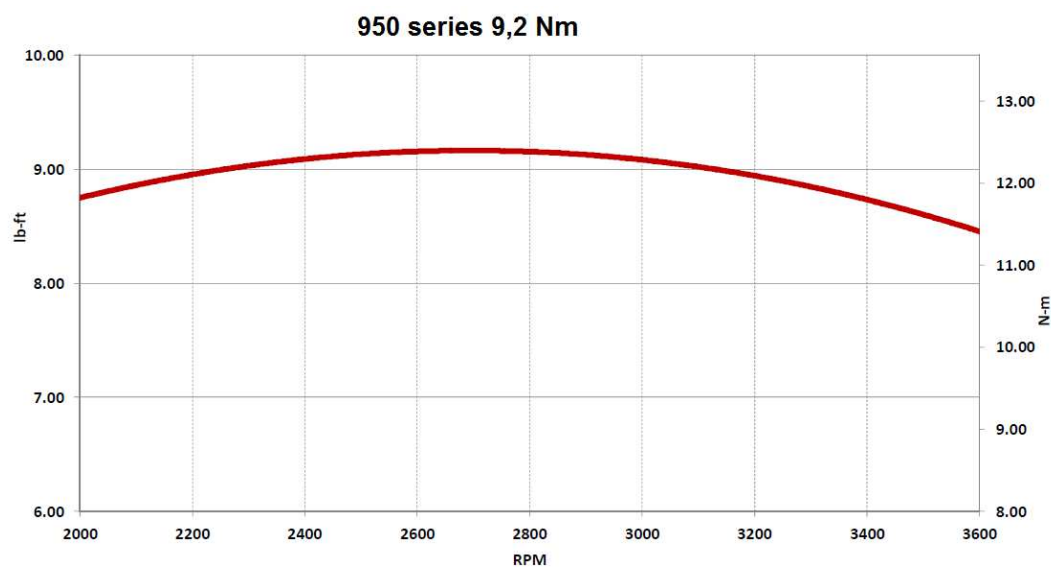
- 2100- sarjan moottori 360,00 €
- 950- sarjan moottori 202,00 €
- 1- ryhmän kaksoispumppu 217,00 €
- 2- ryhmän kaksoispumppu 245,00 €
- levyleikkeet särmättynä 375,00 €
- sakarakytkin GR2 pumpulle 17,00 €
- pumpunkannattin GR2 pumpulle 72,00 €
- adapterisarja GR1 pumpulle sisältää kytkimen ja kannattimen 76,00 €

Lisäksi tiivistemateriaalit ja liittimet, jotka olivat valmiina tehtaalla. Näitä ei tilattu erikseen, joten näiden osien hinta-arvio on noin 50 €. Hintaan sisältyy myös kokoonpanossa käytettävät ruuvit ja mutterit. Ensimmäisten laitteiden maalaus suoritettiin maalaamossa, jonka kustannus oli noin 100 €. Oljysäiliöt maalattiin myös sisäpuolelta. Jatkossa säiliön sisäpuoli jätetään kuitenkin vaille pintakäsittelyä, koska siitä ei ole mainittavaa hyötyä. Säiliössä oleva hydraulioöljy suojaa säiliön sisäpinnat korroosiolta.

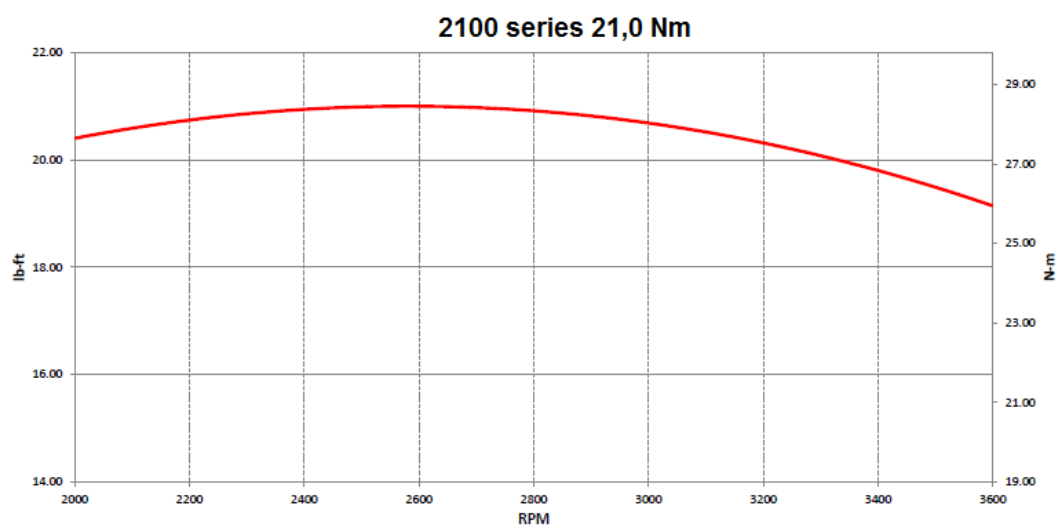
Laitteen omakustannehintaa on karkeasti arvioiden 1200 - 1300 € pelkkien käytettyjen tarvikkeiden osalta. Laitteen lopulliset kustannukset tietenkin määräytyvät myös käytettyjen työtuntien mukaan. Myös sarjakoot vaikuttavat huomattavasti kappalekohtaiseen hintaan ja hitsatut osat kannattaa tilata valmiiksi hitsattuina ja pintakäsiteltynä. Osien tilaaminen mahdollisimman pitkälle jalostettuna laskee kokonaiskustannuksia, ja itselle jää tehtäväksi vain kokoonpanotyö ja testaus.

## 7.11 Moottorivaihtoehtojen suoritusarvot

Alla olevissa kuvioissa 2 ja 3 ovat moottoreiden vääntökäyrät. Molempien moottoreiden paras vääntöalue 2600 - 2800 k/min. Tämä on moottorin paras kierrosalue, kun etsitään parasta teho/polttoainetalous suhdetta. Moottoria voidaan kuitenkin käyttää tehokkaasti alkaen kierrosluvusta 2000/min maksimikierroksille saakka, joten öljynvirtausmääriä voidaan säätää melko laajalla alueella. Öljynvirtausmäärät kierroslukuun verrattuna on ilmoitettu sivulla 23 esitettyssä kuviossa 1.



Kuvio 2. 950 series- moottorin vääntökäyrä



Kuvio 3. 2100 series- moottorin vääntökäyrä

## 8 LAITEMALLIEN KÄYTTÖTARKOITUS

Laitemallit on tarkoitettu kaikenlaiseen työhön, jossa tarvitaan hydraulista painetta. Laitteet on ensisijaisesti suunniteltu käytettäväksi kenttäolosuhteissa. Voimayksiköt on suunniteltu siirrettäviksi mahdollisimman helposti ja turvallisesti työkohteeseen, jossa niitä tarvitaan. Mobiilihydraulivoimayksikköä voidaan käyttää esimerkiksi korjaustehtävissä. Hyvänä esimerkkinä on tilanne, metsäkone on hajonnut työmaalla puomi sivulle osoittaen, voimayksiköllä voidaan siirtää puomi kuljetustuen päälle ja ajaa teleskooppijatkeet sisään. Nyt metsäkone voidaan hinata pois työmaalta korjattavaksi. Vaihtoehtoisesti mobiiliyksikköä voi käyttää pelastuslaitos, esimerkiksi hydraulikäyttöisten katkaisupihtien voimanlähteenä hankalissa paikoissa. Tässä tapauksessa voimayksikkö voidaan kuljettaa käyttöpäikalle, jolloin ei tarvita pitkiä hydrauliletkuja.

Kuvan 23 kaltaisia hydraulisia pihtejä käytetään esimerkiksi onnettomuudessa vaurioituneiden ajoneuvojen avaamiseen sisällä olevien auttamiseksi.



Kuva 23. Hydraulikäyttöiset katkaisu ja purkupihdit (Rauplan oy 2015.)

Kotikäytössä laitetta voi käyttää erinomaisesti halkomakoneen voimanlähteenä tai mönkijään liitettävien lisälaitteiden voimanlähteenä. Kiinnityskin onnistuu lukitusalan avulla vaivattomasti mönkijän tavaratelineeseen. Lisäksi voimayksikkö toimii raskaiden työlaitteiden kuten lumilinkojen ja harjakoneiden kanssa vastapainona vakauttaen mönkijän ajettavuutta. Pienempi malli toimii mainiosti hydraulikuormaajan voimanlähteenä mönkijän metsäkäräyksissä ja siitä riittää tuotto myös hydraulive-



toon. Pienempi malli on myös kevyt, joten se ei rajoita liikkumista hankalissakaan paikoissa. Erittäin hyvä esimerkki kummankin mallin käytöstä onkin halkomakone, jossa tämä kahdella eri paineella toimiva tandempumppuratkaisu toimii erinomaisesti. Halkomakoneessa tarvitaan suurta painetta sitkeän puun halkaisuun. Kun puu on puristettu halki, palautusliikkeessä ei juuri ole kuormaa, joten matalapainepumppu tuottaa suuren määrän öljyä mahdollistaen nopean palautusliikkeen. Monissa halkomakoneissa on puun katkaisuun hydraulinen ketjusaha, joka tarvitsee suuren öljyntuoton riittävän ketjunopeuden takaamiseksi puun nopeaa ja sujuvaa katkomista varten.

Mobiilihydraulivoimayksikön testauksessa oli käytössä mönkijään kytketty hydraulipyöritteiseksi muutettu lumilinko kuva 25 ja mönkijään asennettu hydraulikäyttöinen harjakone kuva 24. Molemmissa edellä mainituissa käyttötarkoituksissa tarvittiin suurta öljymäärän tuottoa, muttei välttämättä kovinkaan suurta painetta. Laitteiden käyttötarkoituksia rajoittaa ainoastaan öljysäiliön koko, joka voi aiheuttaa ongelmia suurien sylintereiden käytössä.

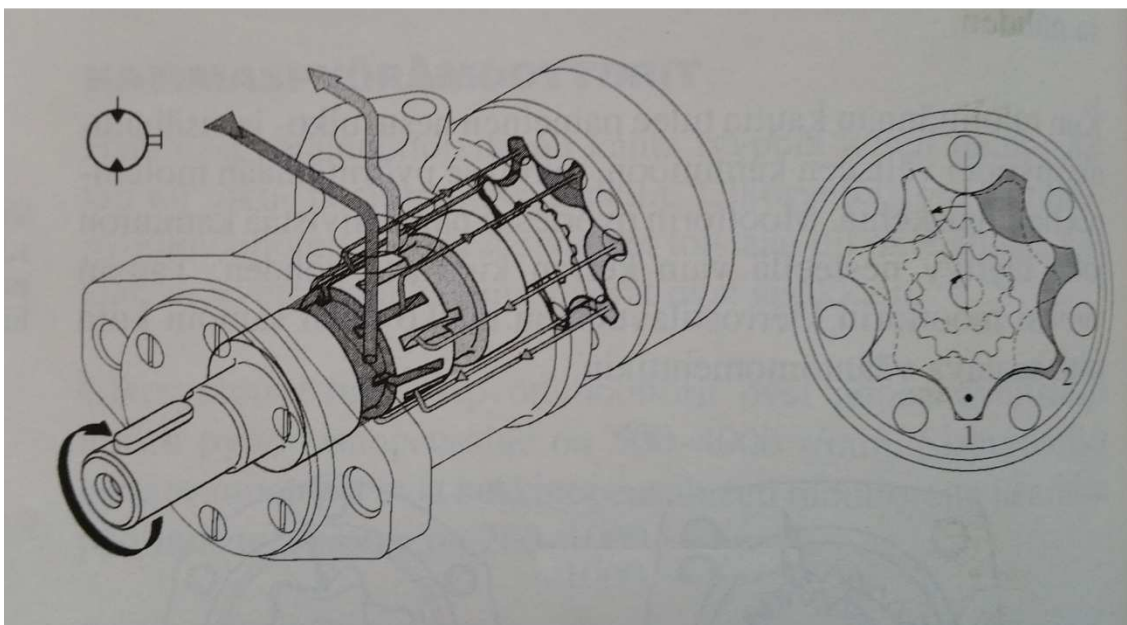


Kuva 24. Hydraulikäyttöinen harjakone (Puustinen 2014.)



Kuva 25. Hydraulikäyttöinen lumilinko (Puustinen 2014)

HPU 6000 voimayksikkö soveltuu erinomaisesti vaikka lumilingon tai harjakoneen käyttöön. Voimayksikön testauksessa oli käytössä kuvissa 24 ja 25 näkyviä laitteita. Molemmat laitteet soveltuvat hyvin testilaitteeksi, koska molempien öljyn tarve on suuri ja tiukemmassa kuormitustilanteessa tarvitaan myös suurta hydraulista painetta. Testilaitteissa on käytössä 100cm<sup>3</sup> hydraulimoottoria, joka on matalakierroksinen ja hyvin vääntävä. Moottorin rakenne esitetään kuvassa 26.



Kuva 26. Orbital tyyppisen geroottorimoottorin halkileikkaus kuva. (Keinänen ja Kärkkäinen 2000, 222.)

Geroottorimoottori on pyörintänopeudeltaan hidas hydraulimoottori. Moottori toimii erittäin hyvällä hyötysuhteella ja sen tiivisteet akselitiivisteet kestävät korkeaa painetta, joten erillistä ylivuotolinjaa ei hammaspyörämoottoreiden tapaan tarvita.

Orbital tyyppinen moottori eroaa tavallisesta gerotor moottorista siinä, että sen kukin hammaslovi täyttyy monta kertaa kierroksen aikana. Näin sen kierrostilavuus on pumpun kokoon nähden suuri ja siitä saadaan suuri vääntömomentti.

Moottori on vakiotilavuuksinen, mutta rakenne on venttiilien avulla muutettavissa portaallisesti säädettäväksi.

(Keinänen ja Kärkkäinen 2000, 222)

## 9 ASIAKASPALAUTE JA MOBIILIHIDRAULIVOIMAYKSIKÖN TUOTEKEHITYS TULEVAISUUDESSA

Asiakaspalaute tuotteesta on erittäin tärkeää sillä se auttaa kehittämään tuotetta eteenpäin. Asiakailta saadusta palautteesta ja käyttökokemuksesta on hyötyä, koska se auttaa tuotekehitystä kehittämään tuotetta käyttäjien tarpeiden mukaiseksi. Asiakkaiden tarpeiden tiedustelulla voimayksikön lisävarusteiden suunnittelu saa myös uusia ulottuvuuksia. Mobiilihydraulivoimayksikköön voidaan tarvittaessa lisätä sähkökäynnistys (2100- sarjan moottoriin), lisäksi voimayksikkö voidaan varustaa sähköisillä venttiililohkoilla käytön helpottamiseksi, mikäli käytettävässä laitteessa ei itsessään ole suuntaventtiileitä. Asiakaspalautteen tuotteesta voi antaa sähköpostitse osoitteeseen (asiakaspalvelu@hlh.fi)

## 10 POHDINTA

Tämän voimayksikön suunnittelu on ollut samalla haastavaa ja erittäin mielenkiintoista. Tuotteesta oli tarkoitus tehdä kokoonsa nähden huomattavasti tehokkaampi kuin kilpailijoiden vastaava. Laitteen rakentaminen ja suunnittelu oli siinäkin mielessä mielenkiintoista ja kehittävää, koska tein itse kaikki työvaiheet alusta loppuun. Tällaisessa valmistustavassa huomaa parhaiten kaikki epäkohdat, joita suunnitteluvaiheessa on tehnyt ja niiden korjaaminen on siten helppoa. Laite toimii niin kuin sen kuuluukin. Laitteessa on kuitenkin vielä kehittämisen tarvetta ja tämä kehitys tapahtuu asiakaspalautteen avulla.

Säiliön koossa on mitoitusvirhe, jota ei voinut välttää laitteen liikuteltavuuden vuoksi. Molempien mallien säiliöt ovat liian pienet pumppujen tuottoon verrattuna, mutta säiliöön asennetun lämpömittarin avulla öljyjen liiallisen lämpenemisen voi ehkäistä. Laite on yleensä vain hetkittäin käytössä, joten öljyjen lämpenemisestä tuskin tulee ongelmaa. Mikäli mobiilihydraulivoimayksiköllä käytetään lumilinkoja tai klapikoneita, käyttäjän tulee itse seurata öljynlämpömittaria ja noudattaa öljyn valmistajan suosituslämpötiloja. Vaihtoehtoisesti järjestelmään voidaan lisätä erillinen öljyn jäähdytin, jolloin öljyn liiallinen lämpeneminen ei aiheuta ongelmia kovemmassakaan käytössä.

Siirtoalustan kiinnikkeissä on mahdollisimman tiheä reikäjako, jotta sen kiinnitettävyyks olisi helppoa mihin tahansa laitteeseen. Tarkoituksena olikin siirreltävyyden helppous ja turvallisuus. Valmiissa laitteessa pumpun säätö on haasteellista, koska pumppu sijaitsee öljysäiliössä. Pumput sijoitettiin kuitenkin säiliön sisään kompaktin ulkomuodon saamiseksi eikä pumpun uudelleen säädöllekään yleensä ole tarvetta. Tuotteita kuitenkin jatkokehitetään koko ajan, joten ratkaistavat ongelmat poistuvat ajan kuluessa.

## LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

LEPOLA, Pertti ja MAKKONEN, Matti 2005. Hitsaustekniikat teräsrakenteet. Porvoo: WSOY.

ESAB Oy 2015. Pistehitsaus. [viitattu 2015-04-19.] Saatavissa:  
<http://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/pistehitsaus.cfm>

HL-HYDRAULICS Oy 2015. Kotisivu. [viitattu 2015-01-02.] Saatavissa: <http://www.hlh.fi/yritys.html>

KEINÄNEN, Toimi ja KÄRKKÄINEN, Pentti 2000. Hydraulikka ja pneumatiikka, koneautomaatio 1. Porvoo: WSOY.

RAUPLAN Oy 2015. Pelastuspihdit. [viitattu 2015-04-10.] Saatavissa:  
<http://www.rauplan.com/tuotelistaus.php?gr=272&t=al>